


OPTICAL DEVICE AND EXPOSURE DEVICE EQUIPPED WITH THAT OPTICAL DEVICE

Patent number: JP2001296417
Publication date: 2001-10-26
Inventor: SAITO KENJI; OGUSU MAKOTO
Applicant: CANON INC
Classification:
- international: G02B5/18; G03F7/20; H01L21/027
- european:
Application number: JP20000113623 20000414
Priority number(s):

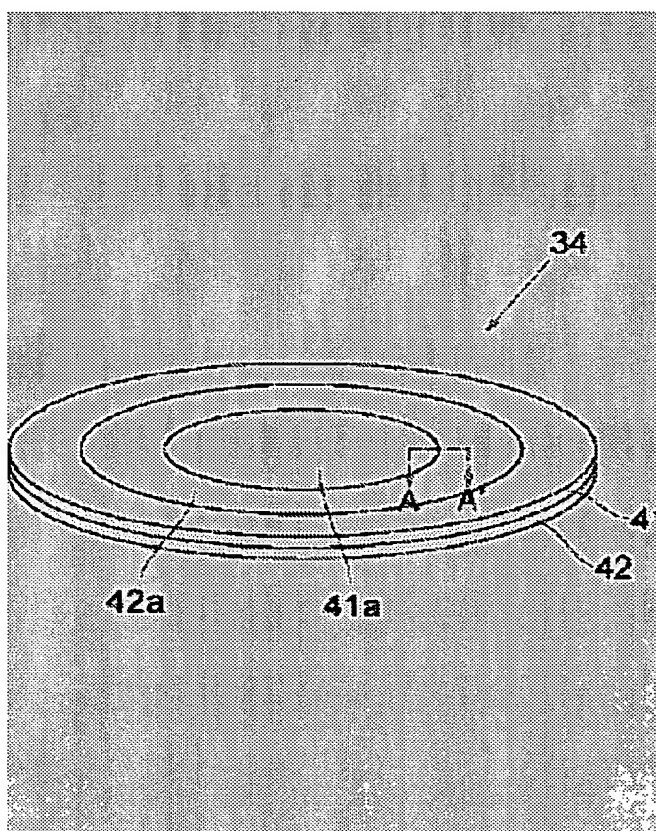
Also published as:

 JP2001296417 (A)

Abstract of JP2001296417

PROBLEM TO BE SOLVED: To manufacture an optical device of high accuracy by joining a plurality of optical elements.

SOLUTION: The optical unit is manufactured by joining diffraction optical elements 41, 42 each as extremely thin as about 1 mm thick to about 120 mm diameter and having diffraction grating patterns 41a, 42a, respectively, in such a manner that the diffraction grating patterns are aligned to be adjacent to each other on the border and that the diffraction grating patterns 41a, 42a possess the center region and peripheral region, respectively. When the optical axis is aligned along the vertical direction, the unit acts as one diffraction optical device having the diffraction grating patterns 41a, 42a overlapped and having a sealed space 43. The optical unit 34 has an 8-step form in the center region in the diffraction grating pattern 41a and has a 4-step form in the peripheral region in the diffraction grating pattern 42a by superimposing effect of the diffraction grating patterns 41a, 42a.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2001-296417
(P2001-296417A)

(43)公開日 平成13年10月26日(2001.10.26)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マ-ト*(参考)
G 0 2 B 5/18		G 0 2 B 5/18	2 H 0 4 9
G 0 3 F 7/20	5 2 1	G 0 3 F 7/20	5 2 1 5 F 0 4 6
H 0 1 L 21/027		H 0 1 L 21/30	5 1 5 D

審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全 16 頁)

(21)出願番号 特願2000-113623(P2000-113623)

(22)出願日 平成12年4月14日(2000.4.14)

(71)出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72)発明者 斉藤 謙治

東京都大田区下丸子三丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内

(72)発明者 小楠 誠

東京都大田区下丸子三丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内

(74)代理人 100075948

弁理士 日比谷 征彦

Fターム(参考) 2H049 AA03 AA04 AA37 AA48 AA50

AA51 AA63 AA66 AA68 AA69

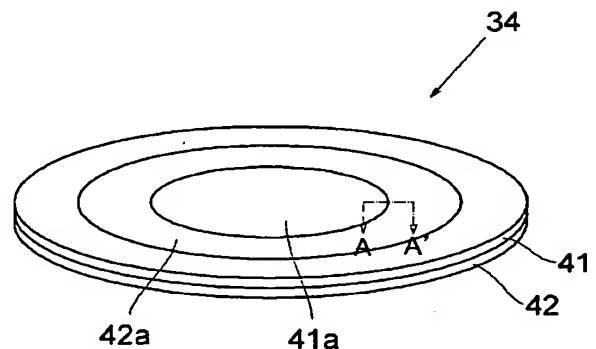
5F046 BA03 CB27 DA12

(54)【発明の名称】 光学素子及び該光学素子を備えた露光装置

(57)【要約】

【課題】 複数の光学素子を接合して高精度の光学素子を製造する。

【解決手段】 回折格子パターン41a、42aの設けられた直径約120mm程度に対して厚みが約1mmと極めて薄肉な回折光学素子41、42を境界部で隣接するように位置合せされ回折格子パターン41aと回折格子パターン42aがそれぞれ中央領域と周辺領域とを有するように接合して光学ユニットを製作する。鉛直方向を光軸方向とすると、回折格子パターン41a、42aが重畳されて密閉空間43を有する1つの回折光学素子として機能する。この光学ユニット34は回折格子パターン41a、42aの両者の重畳作用により、回折格子パターン41aにおける中央領域では8段の階段形状、回折格子パターン42aにおける周辺領域では4段の階段形状から構成することができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 所定面に関して複数の領域に分割し、該分割した領域毎に基板を作成し、これらの複数の基板を積層した素子を備えることを特徴とする光学素子。

【請求項2】 前記分割した領域毎の基板は平面部を有することを特徴とする請求項1に記載の光学素子。

【請求項3】 前記各基板は互いに略同一の大きさとしたことを特徴とする請求項2に記載の光学素子。

【請求項4】 前記分割した領域毎の基板のうちの少なくとも1つには階段形状の面を形成し、全体として入射光を所望の回折角で回折する回折光学素子として機能させることを特徴とする請求項1～3の何れか1つの請求項に記載の光学素子。

【請求項5】 前記分割された領域毎の基板の光学パワーを有する面側同士を貼り合わせたことを特徴とする請求項1～4の何れか1つの請求項に記載の光学素子。

【請求項6】 前記分割した領域毎の基板では、光学パワーを有する領域と光学パワーを持たない領域が相補的に存在することを特徴とする請求項1～4の何れか1つの請求項に記載の光学素子。

【請求項7】 前記分割した領域毎の基板の光学パワーを有する面と平面とを貼り合わせたことを特徴とする請求項1～4の何れか1つの請求項に記載の光学素子。

【請求項8】 前記分割した領域で段数が異なっている階段形状を有する回折光学素子を貼り合せたことを特徴とする請求項1～4の何れか1つの請求項に記載の光学素子。

【請求項9】 前記分割した領域毎の光学素子の周辺に平面部を設けたことを特徴とする請求項1～8の何れかに記載の光学素子。

【請求項10】 請求項1～9の何れかに記載の前記光学素子と、前記光学素子の前段及び後段のうち少なくとも一方に配した少なくとも1枚の光学レンズとを備え、前記光学素子及び前記光学レンズを鏡筒内に一体に保持したことを特徴とする光学系。

【請求項11】 照明光を発する光源と、所定パターンを形成したレチクルに照明光を照射する第1光学系と、前記レチクルを通過した照明光を被照射面に照射する第2光学系とを備え、前記被照射面に前記レチクルの所定パターンを投影露光を行う露光装置であって、前記第1光学系及び／又は前記第2光学系は、所定面に関して複数の領域に分割し、該分割した領域毎に個々に基板を作成し、これらの複数の基板を積層した素子を備えた光学素子を含むことを特徴とする露光装置。

【請求項12】 所定面に関して複数の領域に基板を分割し、該分割した領域毎に別々の基板を作成し、これらの基板を積層する段階を含むことを特徴とする光学素子の製造方法。

【請求項13】 照明光を発する光源と、所定パターンの形成されたレチクルに照明光を照射する第1光学系

と、前記レチクルを通過した照明光を被照射面に照射する第2光学系とを備え、前記被照射面に前記レチクルの所定パターンを投影露光を行う露光装置であって、前記第1光学系及び又は前記第2光学系は、請求項11に記載の光学系を含む露光装置を用いてデバイスを製造することを特徴とするデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、回折光学素子等の光学素子及び該光学素子を備えた露光装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 近年、半導体素子の製造技術の進展は目覚ましく、それに伴う微細加工技術の進展も著しく、特にサブミクロンオーダーの解像力を有する縮小投影露光装置を用いて微細加工が行われている。また、更に解像度を向上させるために、光学系の開口数（NA）の拡大や露光波長の短波長化が試みられており、新しい光学素子として所謂回折光学素子の導入も盛んに研究されている。なお、この回折光学素子は表面に所定の階段形状が同心円状に複数形成されており、入射光を所望の偏向角に回折させる光学素子であり、肉薄で占有空間が小さく、色収差補正等に優れている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、回折光学素子における階段形状を微細化する程理想的な所謂ブレード形状に近似できるため、できるだけ微細な階段形状を形成することか望ましい。例えば、4段の階段形状を形成するためには2回のパターンニングが必要であり、8段の階段形状を形成するためには3回のパターンニングが必要である。

【0004】 特に、8段以上の階段形状を形成するためには、その製造プロセスにおいて、比較的大きな段差の有する状態でエッチングをしなければならない。このような場合においては、各段差を所望の矩形形状に形成することは極めて困難であり、所望の矩形形状からずれが生じ、例えば階段形状のエッジが丸みを帯びて形成されてしまう危険性が高い。

【0005】 このように、階段形状が所望の形状からずれが生ずると回折効率が低下し、不要な回折光が増加し、回折光学素子における光学性能の低下を引き起こすことになる。この傾向は外周部の周期が小さい領域において特に顕著となり、良好な光学素子を製作することが困難となる。

【0006】 また、特公平7-92526号公報においては、図46の断面図、図47の平面図に示すように所望のパターン形状を得るために、回折格子の中央部をブレード形状1、周辺部を2段のB0形状2とすることが考えられるが、同一基板3上に異なるエッチングプロセスにより、異なる段差形状を形成することは困難であ

る。また、周辺部の周期を製造可能な周期とすると、中央部では周期が長くなり、高次回折光も所望の回折光方向に多く出射し不要光となり、悪影響を及ぼすことになる。

【0007】本発明の目的は、上述の問題点を解消し、極めて微細なパターンを必要とする高精度の光学素子と同等な光学的機能を容易かつ確実に実現し、不要な回折光や迷光の発生を抑止することにより高い光学性能を有する光学素子を提供することにある。

【0008】また、本発明の他の目的は、上述の光学素子を備え高精度で小型の露光装置を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するための本発明に係る光学素子は、所定面に関して複数の領域に分割し、該分割した領域毎に基板を作成し、これらの複数の基板を積層した素子を備えることを特徴とする。

【0010】また、本発明に係る光学素子を備えた露光装置は、照明光を発する光源と、所定パターンを形成したレチクルに照明光を照射する第1光学系と、前記レチクルを通過した照明光を被照射面に照射する第2光学系とを備え、前記被照射面に前記レチクルの所定パターンを投影露光を行う露光装置であって、前記第1光学系及び／又は前記第2光学系は、所定面に関して複数の領域に分割し、該分割した領域毎に個々に基板を作成し、これらの複数の基板を積層した素子を備えた光学素子を含むことを特徴とする。

【0011】更に、本発明に係る光学素子の製造方法は、所定面に関して複数の領域に基板を分割し、該分割した領域毎に別々の基板を作成し、これらの基板を積層する段階を含むことを特徴とする。

【0012】

【発明の実施の形態】本発明を図1～図45に図示の実施の形態に基づいて詳細に説明する。図1はステップと呼ばれる投影露光装置の構成図を示しており、高輝度のArFエキシマレーザー光を出射する光源11と、照明光を照射するための第1の光学系である照明光学系12と、所望のパターンが描かれているレチクル13と、透過した照明光によるレチクル13のパターンをウェハ14の表面に縮小投影するための第2の光学系である投影光学系15と、ウェハ14を載置して固定するウェハチャック16及びこのウェハチャック16を固定するウェハステージ17とから構成されている。なお、光源11には紫外線や遠紫外線等の短波長光等の光源を用いてもよい。

【0013】また、照明光学系12は光源11から入射した照明光を所望の光束形状に変換するビーム形状変換手段18、複数のシリンドリカルレンズや微小レンズを二次元的に配置しているオブティカルインテグレート19、図示しない切換手段により任意の絞りに切換可能

で、オブティカルインテグレート19により形成した二次光源の位置近傍に配置された絞り部材20、この絞り部材20を通過した照明光を集光するコンデンサレンズ21、レチクル13の共役面に配置されレチクル13の表面において照明範囲を任意に決定する4枚の可変ブレードから構成されるブラインド22、このブラインド22において所定形状に決定された照明光をレチクル13の表面に投影するための結像レンズ23及びこの結像レンズ23を透過した照明光をレチクル13の方向に反射させる折り曲げミラー24が順次に配置されている。

【0014】図2は投影光学系15の拡大断面図を示しており、鏡筒31には前段のレンズ32及び後段のレンズ33を有するレンズ群及びレンズ32、33の間に設けられた光学ユニット34が配置されている。

【0015】図3は第1の実施例における光学ユニット34の斜視図を示しており、2枚の回折光学素子41、42がそれぞれのパターン形成面を対向して接合されている。回折光学素子41、42は直径約120mm程度に対して厚みが約1mmの極めて薄肉のものであり、それぞれ石英を含む円盤状基板から成り、入射光を所望の偏向角に回折させる光学素子であり、色収差補正等に優れている。

【0016】また、図4は図3における光学ユニット34のA-A'線の断面図を示しており、回折光学素子41の中央部に設けられた回折格子パターン41aと、回折光学素子42の周辺部に設けられた回折格子パターン42aは、これらの境界部においてそれぞれ中央領域と周辺領域となるように位置合わせされて接合されている。また、鉛直方向を光軸方向とすると、回折格子パターン41a、42aが重畳されることにより、密閉空間43を有する1つの回折光学素子として構成されている。即ち、光学ユニット34は回折格子パターン41aにおける中央領域では8段の階段形状、回折格子パターン42aにおける周辺領域では4段の階段形状とされている。

【0017】図5は回折光学素子41の斜視図を示しており、直径約120mmの円盤状基板41bの下面の中央部には、同心円状の回折格子パターン41aが形成されている。また、図6は図5に示す回折格子パターン41aにおけるB-B'線の断面図を示し、高さ43nmの8段の微細な階段形状を有しており、ピッチや深さ等の条件が外周部に向かうに従って変化するようにされている。

【0018】一方、回折光学素子42は図7に示すように、円盤状基板42bの上面の円環状領域に、同心円状の回折格子パターン42aが形成されている。図8は図7に示す回折格子パターン42aにおけるC-C'線の断面図を示し、高さ86nmの4段の微細な階段形状が形成されており、回折格子パターン41aと同様に、そのピッチや深さ等の条件が外周部に向かうにつれて変化

するようにされている。

【0019】従って、光学ユニット34は図9、図10に示すような1枚の基板上に回折格子パターン50a、50bを備えた回折光学素子50と同等の機能を有することになる。

【0020】更に、図3、図4における光学ユニット34は、回折格子パターン41a、42aの回折格子面同士を接合しているが、図11、図12に示すように円盤状基板41bにおける平面と円盤状基板42bにおける回折格子面を接合したり、図13、図14に示すように平面同士を接合することもできる。

【0021】一般に、回折光学素子は色収差補正等の目的に用いられる多層の複雑な構成を有するレンズ群から構成される光学素子と異なり極めて薄肉であるため、様々な光学機器部位に設置することが可能となる。

【0022】しかしながら、回折格子パターンとして理想的形状とされる所謂ブレード形状に近似するためには、可能な限り微細な階段形状を形成することが望ましい。特に、図5に示すような格子ピッチの粗い中央部の領域では不要光の対策上、階段形状の段数を増加させる必要がある。このように、領域別に異なる段差を有する回折光学素子を作製する場合には、段数の多い領域での歩留りを考慮し、それぞれ別々に作製し、その後に接合する方が効果的であり、次のような利点がある。

【0023】(a)一部分の作製誤差により、回折格子全体が使用不可能になる確率を半分に低減することができる。

(b)領域別に階段形状の段数を8段と6段のように深さを変更することが容易である。

(c)回折光学素子を張り合せにより強度を増加させることができる。

(d)4段の階段形状部分と8段の階段形状部分における製造条件の違いにより、製造プロセスの最適化が容易となる。

【0024】従って、各段数に相応するプロセスにより作製したものを接合することにより、容易に所望の回折格子パターンを得ることができる。

【0025】なお、図4、図12に示すように回折光学素子41、42を接合することによって、回折光学素子41、42の間に密閉空間43が形成されるが、光源の性質等に応じて密閉空間43内を真空としたり、使用するレーザー光の波長等により異なるが、ドライエアやヘリウム、窒素等の不活性ガス等の気体を封入してもよい。

【0026】図15は上述した回折光学素子41、42を作製するための露光装置の構成図を示しており、ウェハステージ61はx軸方向及びy軸方向に可動するXYステージ61aと、制御回路62の接合により駆動するモータ63によってz軸方向及びx、y、z軸の周りに回転するZステージ61bにより構成されている。ま

た、ウェハ64はZステージ61bにおける図示しないウェハチャックに固定されている。

【0027】更に、このウェハ64の上方に投影光学系65とアライメントスコープ66が設けられている。この投影光学系65は照明系67、レチクル68、縮小型の投影レンズ系69を有している。

【0028】アライメントスコープ66には、ウェハ64側から上方に向かう光軸L2に沿って結像レンズ70、補正光学系71、ハーフミラー72、ハーフミラー73、CCDカメラ74が配置されており、CCDカメラ74の出力は画像処理装置75に接続されている。また、ハーフミラー72の入射方向には照明用レンズ76、光源77が設けられている。更に、ハーフミラー73の反対側には焦点検出手段78が配置されており、焦点検出手段78にはレンズ79が設けられ、このレンズ79の偏心した位置の光軸上には開口絞り80、レンズ81、図16に示すような開口部82aを有する視野絞り82、光源83が配置され、他方の偏心した光軸上にはレンズ84、回動可能な平行平板85、検出器86が配置されている。

【0029】投影光学系65の照明系67からz軸と平行関係の光軸L1に沿って出射した光束は、レチクル68面上を均一に照明する。また、このレチクル68の面上には所定パターンが形成されており、このレチクル68を透過した所定パターンは、投影レンズ系69においてレチクル68に形成されている所定パターンを1/5倍に縮小し、その焦平面であるウェハ64上に回路パターン像を投影する。このウェハ64上にはレジストが塗布されており、多数個の被露光領域(ショット)が配列されている。

【0030】x、y、z軸は互いに直交するように設定されており、ウェハステージ61を駆動することにより、ウェハ64の表面の位置を投影レンズ系69の光軸L1方向及び光軸L1に直交する平面に沿った方向に調整し、更に所定パターン像に対する傾きも調整している。また、XYステージ61aは図示しないレーザー干渉装置を用いて、その位置情報を検出し位置調整を行っている。

【0031】ウェハ64上にはアライメントマークMが設けられ、このアライメントマークMの上方に設けられたアライメントスコープ66を用いて計測することにより、レチクル68とウェハ64との相対的位置合わせが行われる。

【0032】光源77から出射した光束は照明用レンズ76において集光され、ハーフミラー72に入射し、更にこのハーフミラー72によりウェハ64の方向に反射され、補正光学系71、結像レンズ70を介してウェハ64上のアライメントマークMを照明する。そして、このウェハ64の測定領域からの反射光束は結像レンズ70、補正光学系71、ハーフミラー72、73を介して

CCDカメラ74に結像される。

【0033】画像処理装置75はCCDカメラ74に結像したウェハ64面上のアライメントマークMの位置情報から、レチクル68及びウェハ64との位置関係を検出する。また、この画像処理装置75からの信号に基づいて、制御回路62によりモータ63を駆動させることにより、Zステージ61bの光軸L2方向の位置を調整している。

【0034】更に、アライメントスコープ66の焦点検出手段78は、結像レンズ70の焦平面を検出し、その焦平面にウェハ64が位置するように制御している。光源83から出射した光束は視野絞り82を通過し、レンズ81において集光され、開口絞り80により通過する光束を制限している。更に、この開口絞り80を通過した光束は、レンズ79において集光され、ハーフミラー73において反射され、更にハーフミラー72、補正光学系71を介して結像レンズ70を透過し、ウェハ64上のアライメントマークMを含む測定領域を斜め方向から照射する。この際に、視野絞り82の像がウェハ64面上のアライメントマークMを照明領域に含ませるよう結像するようにしている。また、補正光学系71の調整により集光位置を変化させることができる。

【0035】ウェハ64の測定領域からの反射光束は、結像レンズ70、補正光学系71、ハーフミラー72、73、第2レンズ79、第3レンズ84、そして回動可能な平行平板85を介して検出器86の表面に導光され、視野絞り82の像を再結像している。検出器86の表面上に形成した像の位置を検出することにより、ウェハ64の光軸L2方向の位置情報を求めることができる。

【0036】図17は直径120mmのウェハ64の平面図を示しており、回折光学素子の回転対称性を考慮し、回折光学素子のパターンと同心円となるように、中心から半径方向に同心円状の3つの円形及び円環形領域に分割されている。更に、最外周の領域の周縁部にはアライメントマークを形成する領域が設けられている。これらの3つの円形又は円環形領域は、ウェハ64における中心線よりも更に円周方向にそれぞれ4分割、12分割、18分割され、扇状の露光領域91a、91b、91cが形成されている。これにより、ウェハ64を円周方向に回転させることによって、同一パターンを所定の露光領域91a、91b、91cに順次に露光することができる。まず、フォトリソが塗布されたウェハ64を一方の被露光面が上面となるようにウェハチャックに設置し、アライメントマークを形成する。

【0037】次に、図18に示すようなレチクル68を用い、各回転角度成分のアライメントマークをウェハ64の周縁部領域に1つの回転角度に対して8個所で露光する。レチクル68には0層として基板回転角に応じて反時計方向に回転したアライメントマークM00～M3

40が設けられている。なお、アライメントマークの形状によっては対称性が認められるものもあるため、異なる回転角度でアライメントマークを共用することも可能である。また、露光すべき角度のアライメントマークは、ブレードにより選択して所定の位置に露光し、その後に加工程序を経て所望のアライメントマークとして形成される。

【0038】図19はウェハ64の周縁部に形成されたアライメントマークを示し、0°用、20°用、30°用のアライメントマークM00、M20、M30を代表として表示しており、また図19は模式的な表示のために一部のアライメントマーク同士は重ねて表示している。

【0039】図20は回折格子101を形成する工程の製作模式図を示しており、先ず図20(a)に示すように、ウェハ64上にフォトリソ102を塗布した後に、図示しないレチクルを用いて露光することにより、2段の階段形状103を得ることができる。続いて、図20(b)に示すようにフォトリソ104を塗布し、露光することにより4段の階段形状105を得る。更に、フォトリソ106を塗布し、同様の工程を繰り返すことにより、図20(c)に示すような8段の階段形状107を得ることができる。そして、図20(d)に示すようにフォトリソ106を除去することにより回折格子101が得られる。

【0040】図21は図20における製作模式図を説明するためのフローチャート図を示し、先ずステップS1においてウェハ64の表面にフォトリソ102を塗布形成した後に、ステップS2として1層目における各露光領域91a～91cの一部に対応する3種類の回折光学素子のパターンが形成された各レチクル68を設置し、1層目の露光作業を行う。レチクル68は半径にして約22mm～41mmまでのパターンを露光することが可能であり、既にウェハ64の回転角が0°用のアライメントマークM00がウェハ64の円周上に8個形成されているため、ステップS3としてこの8個のアライメントマークM00により全体的なアライメント調整を行う。このように、全体的なアライメント調整を行った後に、ステップS4において図22に示すような中心から2番目の位置Tに、露光領域91bのレチクルパターンを使用して露光を行う。

【0041】続いて、ステップS5としてウェハ64を時計方向に所定角度回転させ、例えばウェハ64の周縁部領域に形成された反時計方向に所定角度回転したアライメントマークM30が、ウェハ64の回転に伴って所望の向きとなり、この向きのアライメントマークM30を用いて、ステップS3と同様にアライメント調整を行った後に、ウェハ64の右上の位置にステップS4と同様に露光領域91bのレチクルパターンを用いて露光を行う。更に、ウェハ64を30°、合計60°時計方向

に回転させて、反射時計方向に 60° 回転したアライメントマークM60を用いてアライメントを行い、位置Tに同様に露光を行う。

【0042】このようにして、順次にウェハ64を時計方向に 30° ずつ回転すると、反時計方向にウェハ64の回転角に応じた角度だけ予め回転したアライメントマークが所望の向き及び位置となるため、これを用いて順次にアライメントを行い、所定位置に露光を繰り返すことにより、中心から約22mm～41mmの2番目の円環状の露光領域91bは、合計12回のパターン露光により完了する。

【0043】次に、中心の露光領域91aを露光するためにステップS3～S5の工程を繰り返し行う。また、一边が22mmの画角において露光可能な範囲は 90° であるため、露光領域91aのレチクルパターンは中心から約22mmまでの領域を露光する。即ち、ウェハ64を 90° ずつ回転し、対応する角度のアライメントマークM00、M90、M180、M270を使用してアライメントを調整し、合計4回の露光により中心から約22mmの領域の露光を完了することができる。

【0044】同様に、最外周の露光領域91cについても同様に露光する。即ち、最外周パターンは1回の露光において 20° の範囲が露光可能であり、 20° ずつ回転し、アライメントマークM00、M20、M40、…、M340を使用してアライメントを調整し、露光領域91cをレチクルパターンを用いて露光することにより、合計18回の露光により最外周部の領域の露光を完了することができる。以上の各ステップを経ることにより、ウェハ64における1層面の全ショットの露光を完了することができる。

【0045】続いて、ステップS6として図20(a)において示したウェハ64の露光されたフォトレジスト102を現像し、更にステップS7において、加工されたフォトレジスト102をマスクとして、ウェハ64の表面にドライエッチングを施して2段の階段形状103を形成する。

【0046】そして、ステップS8において O_2 プラズマを用いた灰化処理により、フォトレジスト102を除去する。次に、露光パターンが2層目のものとされた3種のレチクル68を用いて、1層目の形成時と同様にステップS1～S6を繰り返すことにより、ウェハ64の全面における2層目の各アライメント、露光及び現像を行う。ただし、ステップS2で設置する各レチクル68は、2層目の露光領域91a、91b、91cの一部に対応するものである。

【0047】続いて、ステップS7において、図20(b)に示した加工されたフォトレジスト104をマスクとして、2段の階段形状103の表面にドライエッチングを施すことにより、4段の階段形状105を形成する。また、ステップS8において O_2 プラズマを用いた

灰化処理によりフォトレジスト104を除去する。

【0048】そして、更に露光パターンが3層目の3種のレチクル68を用いて、1層、2層目の形成と同様にステップS1～S6を繰り返すことにより、ウェハ64の全面における3層目の各アライメント、露光及び現像を行う。ただし、ステップS2で設置する各レチクル3層目の露光領域91a～91cの一部に対応するものである。そして、1層、2層目と同様に、図20(c)に示すようにステップS7において加工されたフォトレジスト104をマスクとして、4段の階段形状105の表面にドライエッチングを施すことにより、最終目的である8段の階段形状107を形成する。同様に、ステップS8において O_2 プラズマを用いた灰化処理によりフォトレジスト106を除去することにより、ウェハ64の第1面に図20(d)に示すような同心円状に、8段の階段形状が複数形成された回折格子101を完成することができる。

【0049】図23は図21におけるステップS3の各所定アライメントを説明するためのフローチャート図を示している。先ず、ステップS11としてXYステージ61aを移動させ、観察すべきアライメントマークMの位置をアライメントスコープ66の直下、即ち結像レンズ70の光軸L2上の位置に移動させる。

【0050】次に、ステップS12としてZステージ61bを光軸L2の方向に順次に移動させると同時に、CCDカメラ74によりアライメントマークMの画像信号を取り込み、画像処理装置75により画像コントラストを評価し、この評価値が最大となる位置にZステージ61bを駆動して設定する。続いて、ステップS13として焦点検出手段78の光源83を作動させ、検出器86からの出力信号がゼロ位置となるように平行平板64を回動させる。

【0051】このような一連の画像フォーカスによるキャリブレーションを行うことにより、斜入射AF方式のゼロ位置がアライメントにとつてのウェハ64のベストフォーカス位置となるように設定している。

【0052】斜入射AF方式におけるウェハ64に投光する視野絞り82の開口部82aは、アライメントマークMをアライメントスコープ66の観察位置に移動させた際に、測定領域内に納まるように設定されている。開口部82aをこのように設定すると、XYステージ61aを駆動させて別ショットのアライメントマークMを検出し、ウェハ64のアライメントを行う際に、斜入射AF方式による投光位置のパターン形状等の条件をほぼ同じに保つことができる。

【0053】即ち、ウェハ64の面上の複数の測定領域からの反射条件がそれぞれ略等しくなるようにしている。これにより長い信号処理時間を要する画像AF方式をアライメント毎に使用する必要がなく、高速なフォーカス検出を行うことが可能な斜入射AF方式をアライメ

10

20

30

40

50

ント毎に使用することを可能としている。

【0054】その結果、上述した画像フォーカス方式による一連のキャリブレーション動作を行う必要があるのは、斜入射AF方式による投光位置の状態が変化したとき、例えばプロセスが変わったときにのみ一度行えばよく、その他のアライメント時は全て高速な斜入射AF方式により、常にベストフォーカス状態でアライメントが行えるようにしている。これにより、本実施形態ではスループットを低下させることなく、アライメント精度を向上させることができる。

【0055】図24は上述の方法により作製した2枚の光学素子を接合する接合装置の断面図を示しており、この接合装置における回転治具111上には、回折光学素子チャック112が固定されており、このチャック112の上面には直径が異なる大小2つの円環状突起113、114が上方に向けて突設され、これらの突起113、114の間には排気口115が設けられている。また、外側の突起113は内側の突起114よりも僅かに低く形成されている。これらの突起113、114上には石英ウェハから成る回折光学素子116が載置されて

いる。更に治具111の側面には、3点の当接部117を有する円筒状の平行平板ホルダ118が外接されており、当接部117に平行平板の光学素子119を当接することにより、チャック112の中心とホルダ118に載置された光学素子119の中心とが一致するようになっている。

【0056】チャック112の上方には、位置測定用のマークスコープ120が配置されている。このマークスコープ120により回折光学素子116上の位置測定用マークを観察することにより、回折光学素子116の中心とチャック112の中心とが一致するように調整する。マークスコープ120は測定後に接合装置から接合に邪魔にならない場所に移動する。なお、回折光学素子116の中心出しは、専用マークではなく格子パターンそのものを使用して行ってもよい。

【0057】次に、排気口115から空気を排出することにより、回折光学素子116は突起113、114間において吸着され、凸状に僅かに変形する。回折光学素子116の中心と接合する光学素子119の中心の位置合わせが終了した後に、ホルダ118を下降させると、

先ず光学素子119が接合する回折光学素子116の中心部と接触する。続いて、排気口115から徐々に空気を入れ大気圧に戻すことにより、回折光学素子116の変形は徐々に開放され、回折光学素子116と光学素子119に徐々に接触面を拡大し、最終的には全面において直接接合される。

【0058】この直接接合方法はオプティカルコンタクトと呼ばれ、光学部材の表面に吸着した水等を介して、図25に示すような石英と水、水同士、蛍石と水等による(a)水素結合及び(b)ファンデルワールス力によって光

学部材を直接接合する接着方法であり、接着剤等を用いずにガラスや石英等の光学部材同士を接合することができる。この際に、十分な接着強度を得るためには、接合する光学素子119と回折光学素子116の接合部の表面粗さを、平方二乗平均で5nm以下とし、水分量を 10^{11} 分子/cm²以上に制御することが好適である。

【0059】通常では、接合部の表面は図26に示すように微細なレベルの間隙hが生じているが、半径r、表面エネルギーγ、弾性率E、厚さtとすると、式(1)を満たす範囲内であれば、直接接合が可能であることが知られている。

$$h/r < (\gamma/E/t^3)^{1/2} \quad \dots (1)$$

【0060】式(1)は間隙hが1個所存在する場合を示しているが、直径200mmの基板全体における間隙hは無数に存在する。式(1)から直接接合には間隙hと表面エネルギーγを考慮する必要があり、AFM等により測定した表面粗さとAPIMS等で測定した水分量が基準となることが分かる。従って、回折光学素子116において表面粗さを確保するためには、回折光学素子116を半導体プロセスで加工する以前に、研磨等を行って基板の表面粗さを確保し、更に加工中及び加工後も表面粗さを十分に配慮する必要がある。

【0061】表面エネルギーに関しては、通常の石英基板では水分量を 10^{11} 分子/cm²に確保することは可能なため、十分な表面エネルギーとすることができるが、基板が汚染されていると表面エネルギーが不足する場合が生ずる。石英のような親水性材料の場合には、薬液、紫外線、オゾン洗浄等により水分量を回復することは可能であるが、疎水性材料では洗浄後に、更に水を吹き付けたり、親水性の薬液で処理することによって水分量を確保する必要がある。

【0062】このような基板を図24に示した接合装置を用いて接合を行うことにより、基板間には水素結合とファンデルワールス力で接合される。この際に、基板間に残留する水分が多過ぎると逆に接合強度が低下するため、接合前の水分量を調整すると共に、接合後において常温で乾燥したり、また加熱することにより水分量を減少させることが望ましい。通常では、吸着水の脱離は200～400℃程度で起こり、図27に示すような状態となることが理想的であるが、実際には基板間に間隙があるために、図28に示すように数分子程度の水が残留する。このように水分子が残留すると接合強度は10Kg/cm²程度となり、使用方法によっては強度が不足するため、有効径から外れた部分の外周等を接着剤等により補強を行うことが好ましい。また、400～1000℃に加熱することによって脱水縮合反応を起こし、水素結合を共有結合に置き換えることにより接合強度を増大させてもよい。

【0063】接合面における光学特性は、使用波長による反射率及び透過率の損失を0.1%以下になるように

することが好適であり、塵埃等が残留したり、空気又は水等が多く存在した場合には光学特性が維持できないこともあるため、接合強度だけでなく光学特性の点からも接合前の基板管理は重要となる。

【0064】光学素子119と回折光学素子116には共に同一素材の石英を使用した、接合する光学素子119にアルミナ等の酸化物や、弗化カルシウム、弗化リチウム、弗化バリウム、弗化マグネシウム、弗化ストロンチウム等の弗化物を使用することにより、短波長用の光学部材とすることも可能である。また、長波長用の光学部材としては、接合する光学素子119にガラス材や合成樹脂材等を使用することが好適である。更に、反射光学系の回折光学素子においては、SiNやSiC等のセラミックや金属等を使用することも可能であるが、同一材料同士の方がOH基の分布間隔等の水素を供給する表面状態が同じになるために接合は容易である。

【0065】このようにして、2倍以上の剛性の強度を有し、微細な格子ピッチを有する光学素子を精度良く作製することができる。また、この光学素子を用いることにより外力の影響を受け難く、光学系に組込んだ際に良好な光学性能を発揮することが可能となる。更に、水素結合又はファンデルワールス力による直接接合方式を使用することにより、短波長の光を用いた光学系に安定して使用可能となる。

【0066】図3における光学ユニット34における位置合わせの具体的手段としては、回折格子パターン41a、42aの形成時に円盤状基板41b、32aの有効径外部位にそれぞれアライメントマークを形成し、このアライメントマークを指標として回折光学素子41、42の両者を接合する。また、回折格子パターン41a、42aの形成時に、有効径外部位にそれぞれ微小突起を形成し、微小突起を突き合わせることににより両者を接合するようにしてもよい。

【0067】更に、回折光学素子41、42の接合時に、光学ユニット34としての回折効率等の光学的機能を測定しながら、最適な光学性能となる部位において円盤状基板41b、42bの位置合わせを行うようにしてもよい。

【0068】光学ユニット34においては、回折格子パターン41a、42aの一部で接触するように構成されているが、非接触の状態で両者が近接するように配置して構成してもよい。更に、構成要素である回折光学素子41、42にそれぞれ分割パターンとなる回折格子パターン41a、42aが形成され、これら回折格子パターン41a、42aが光学的に重畳し、全体として所望の光学的パターンが構成されている。

【0069】このようにして、領域により8段及び4段の階段形状の異なる段数を有する極めて微細なパターンを必要とする高精度の回折光学素子と同等の光学的機能を容易かつ確実に実現し、不要回折光や迷光の発生を抑

止して高い光学性能を有する光学ユニット34を製造することができる。

【0070】そして、この光学ユニット34をステップの光学系の一部として配することにより、色収差等の各種の光学的収差を効率良く除去でき、極めて均一な照明を行う高精度のステップを実現することが可能となる。

【0071】なお、本実施例においては、ウェハ64の表面に各種収差の補正された均一な照明光を照射することを考慮して、光学ユニット34をステップの投影光学系15に設置した例を開示したが、図29に示すようにレチクル13の表面に同様の照明光を照射することを考慮して、光学ユニット34を照明光学系12内に設置してもよい。更に、ウェハ14及びレチクル13の各表面にそれぞれ同様の照明光を照射し、更なる各種収差の補正された均一な照明を達成するために、投影光学系15及び照明光学系12の双方に光学ユニット34を設置することもできる。

【0072】図30は第2の実施例における光学ユニット131の斜視図を示しており、回折光学素子132、42が接合されており、回折光学素子132の中央部には理想的なブレード形状である所謂フレネルレンズの回折格子パターン132aが形成され、外周部の回折光学素子42には第1の実施例と同様に、階段形状の回折格子パターン42aが形成されている。なお、第1の実施例と同一の部材には同一の符号を付している。

【0073】図31は図30における光学ユニット131における回折光学素子132、42の加工面同士を接合した場合のG-G'線の断面図を示し、図32は加工面と平面を接合した場合のG-G'線の断面図を示している。勿論、図14と同様に平面同士を接合してもよい。

【0074】フレネルレンズである回折光学素子132の作製方法は、第1の実施例における8段の回折光学素子の段数を更に16段に増加し、全体を軽くエッチングすることで形状整えることにより作製する。また、ピッチがそれほど微細ではなく、主として可視光から赤外光領域において応用するフレネルレンズは、バイトによる切削により製作してもよい。

【0075】このように本実施例においては、一方をフレネルレンズ、他方を階段形状を有する回折光学素子とし、両者を接合することにより、1つの光学ユニット131としている。

【0076】図33は第3の実施例における光学ユニット141の斜視図を示しており、第1の実施例における回折光学素子41の代りに光学素子142を用いており、この光学素子142の中央部には通常の凸レンズ142aが設けられている。図34は図33における光学ユニット141のH-H'線の断面図を示している。本実施例においては、凸レンズ142aと回折光学素子42の組み合わせを示したが、図35～図37に示すよう

に、その他の各種レンズを備えた光学素子と各種の回折光学素子を組合わせてもよい。

【0077】図35は光学素子142の代りに光学素子151を用いている。この光学素子151の中央部には凹レンズ151aが設けられ、負のパワーを有する回折格子パターン152aが設けられた回折光学素子152と接合している。また、図36は中央部に凹レンズ151aを有する光学素子151の平面と回折光学素子152を接合し、更に図37は凸レンズ153aを有する光学素子153と正のパワーを有する回折光学素子154

を接合している。
【0078】図38は第4の実施例における光学ユニット161の斜視図を示し、回折格子の段数が3つの領域でそれぞれ異なる機能を有する3つの回折光学素子を積層して接合することにより構成されている。この光学ユニット161は、中央部に8段の回折格子パターン162aを有する上層の回折光学素子162、中間部に4段の回折格子パターン163aを有する中層の回折光学素子163、周辺部に2段の回折格子パターン164aを有する下層の回折光学素子164を接合することにより

構成されている。
【0079】図39は図38におけるI-I'線の断面図、図40はI'-I''線の断面図を示している。本実施例では全て回折面と平面を接合したが、接合する向きは適宜に組合せてもよい。また、本実施例では凸レンズを組み合わせた構成を採っているが、凹レンズや途中で正と負のパワーが変化する非球面レンズでも同様に構成することができる。

【0080】図41は第5の実施例における光学ユニット171の斜視図を示しており、偏心光学素子を回折光学素子を積層して接合することにより構成している。中央部に8段の回折パターン172aを有する上層の回折光学素子172、中間部に4段の回折パターン173aを有する中層の回折光学素子173、周辺部に2段の回折パターン174aを有する下層の回折光学素子174を接合することにより構成されている。

【0081】図42は図41におけるJ-J'線の断面図、図43は図41におけるJ'-J''線の断面図を示している。

【0082】ステップを利用した半導体装置(半導体デバイス)の製造方法の一例を説明すると、図44はICやLSI等の半導体チップ、液晶パネル或いはCCD等の半導体デバイスの製造工程のフローチャート図を示している。まず、ステップS21において半導体デバイスの回路設計を行い、続いてステップS22においてステップS1で設計した回路パターンをEB描画装置等を用いマスクを作成する。一方、ステップS23においてシリコン等の材料を用いてウェハを製造する。その後、前工程と呼ばれるステップS24において、ステップS22、S23において用意したマスク及びウェハを用

い、マスクを露光装置内にローディングし、マスクを搬送しマスクチャックにチャッキングする。

【0083】次に、ウェハをローディングしてアライメントのずれを検出して、ウェハステージを駆動して位置合わせを行い、アライメントが合致すると露光を行う。露光の終了後にウェハは次のショットヘステップ移動し、リソグラフィ技術によってウェハ上に回路を形成する。更に、後工程と呼ばれるステップS25において、ステップS24によって製造されたウェハを用いてダイシング、ボンディング等のアッセンブリ工程、チップ封入等のパッケージング工程を経て半導体チップ化する。チップ化された半導体デバイスは、ステップS26において動作確認テスト、耐久テスト等の検査を行う。このような一連の工程を経て半導体デバイスは完成し、ステップS27に進み出荷される。

【0084】図45は図44におけるステップS23において、ウェハ製造の詳細な製造工程のフローチャート図を示している。まず、ステップS31においてウェハ表面を酸化させる。続いて、ステップS32においてウェハ表面をCVD法により絶縁膜を形成し、ステップS33において電極を蒸着法により形成する。更にステップS34に進みウェハにイオンを打込み、続いてステップS35においてウェハ上に感光剤を塗布する。ステップS36では半導体露光装置によりマスクの回路パターンをウェハ上の感光剤上に焼付ける。

【0085】ステップS37において、ステップS36において露光したウェハ上の感光剤を現像する。更に、ステップS38でステップS37において現像したレジスト像以外の部分をエッチングする。その後、ステップS39においてエッチングが済んで不要となったレジストを剥離する。更に、これらの一連の工程を繰り返すことにより、ウェハ上に多重の回路パターンを形成することができる。

【0086】この製造方法を用いれば、ステップS36においてウェハ面に各種の光学的収差の補正された均一な照明光が照射されるので、従来は製造が困難であった高集積度の半導体デバイスを容易かつ確実に製造することができる。

【0087】なお、ステップを用いた製造方法は、上記した半導体デバイスに限定されるものではなく、各種の電子素子や光学素子等のフォトリソグラフィによる微細加工が必要なもの全てに渡って適用が可能である。即ち、光学ユニットの構成要素である回折光学素子の回折格子パターンの形成に、この製造方法を適用することもできる。

【0088】

【発明の効果】以上説明したように本発明に係る光学素子は、所定面を所定の領域に分割し、それぞれ対応して個別に略同一サイズの基板上に部分光学素子として作成し接合することにより、高精度に作成することが容易と

なる。

【0089】また、分割し略同一サイズの基板を接合することにより、製造時の歩止留まりを向上し、領域により変化する所望の段数の回折光学素子の製造が可能となり、強度が増加することによる変形が少ない光学素子の製造が可能となる。

【0090】また、本発明に係る光学素子を備えた露光装置は、上述の光学素子を備えているので、高精度で小型化を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】投影露光装置の構成図である。

【図2】投影光学系の拡大断面図である。

【図3】第1の実施例における光学ユニットの斜視図である。

【図4】図3のA-A'線の断面図である。

【図5】回折光学素子の斜視図である。

【図6】図5のB-B'線の断面図である。

【図7】回折光学素子の斜視図である。

【図8】図7のC-C'線の断面図である。

【図9】回折光学素子の斜視図である。

【図10】図9のD-D'線の断面図である。

【図11】光学ユニットの斜視図である。

【図12】図11のE-E'線の断面図である。

【図13】光学ユニットの斜視図である。

【図14】図13のF-F'線の断面図である。

【図15】露光装置の構成図である。

【図16】光学絞りの開口部の正面図である。

【図17】ウェハの平面図である。

【図18】レチクルの平面図である。

【図19】アライメントマークを形成したウェハの平面図である。

【図20】回折格子の製作模式図である。

【図21】回折格子の製造フローチャート図である。

【図22】ウェハの露光領域を示す平面図である。

【図23】アライメントの詳細な説明図である。

【図24】接合装置の断面図である。

【図25】反応過程の説明図である。

【図26】微細構造の断面図である。

【図27】反応過程の説明図である。

【図28】反応過程の説明図である。

【図29】投影露光装置の構成図である。

【図30】第2の実施例の光学ユニットの斜視図である。

【図31】図30のG-G'線の断面図である。

【図32】図30のG-G'線の断面図である。

【図33】第3の実施例の光学ユニットの斜視図であ

る。

【図34】図33のH-H'線の断面図である。

【図35】第3の実施例の光学ユニットの断面図である。

【図36】第3の実施例の光学ユニットの断面図である。

【図37】第3の実施例の光学ユニットの断面図である。

【図38】第4の実施例の光学ユニットの斜視図である。

【図39】図38のI-I'線の断面図である。

【図40】図38のI'-I''線の断面図である。

【図41】第5の実施例の光学ユニットの斜視図である。

【図42】図41のJ-J'線の断面図である。

【図43】図41のJ'-J''線の断面図である。

【図44】半導体デバイスの製造フローチャート図である。

【図45】ウェハ製造の詳細なフローチャート図である。

【図46】従来の回折格子の断面図である。

【図47】従来の回折格子の平面図である。

【符号の説明】

13、68 レチクル

14、64 ウェハ

31 鏡筒

32、33 レンズ

34、131、141、161、171 光学ユニット

22、23 レンズ

41、42、101、132、142、152、16

2、163、164、172、173、174 回折光学素子

41a、42a、132a、142a、152a、16

2a、163a、164a、172a、173a、17

4a 回折格子パターン

41b、42b 円盤状基板

43 密閉空間

65 投影光学系

66 アライメントスコープ

67 照明系

91a～91c 露光領域

102、104、106 フォトリジスト

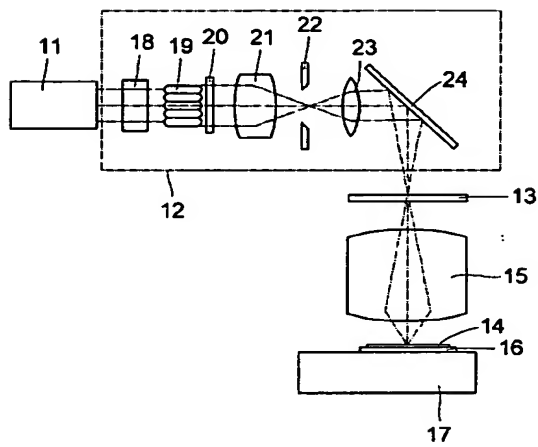
103、105、107 階段形状

151、153 光学素子

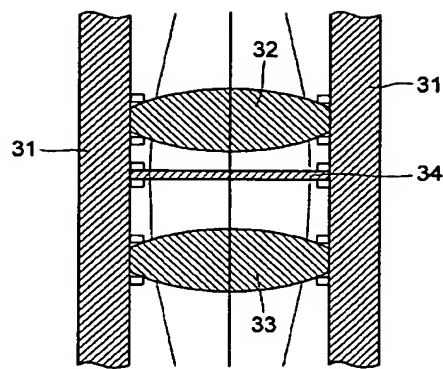
151a 凹レンズ

153a 凸レンズ

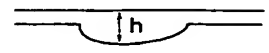
【図1】



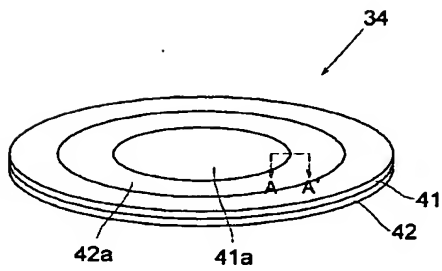
【図2】



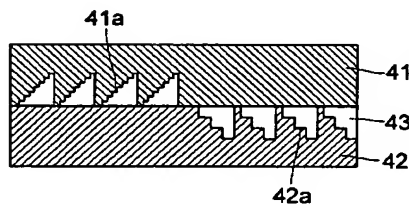
【図26】



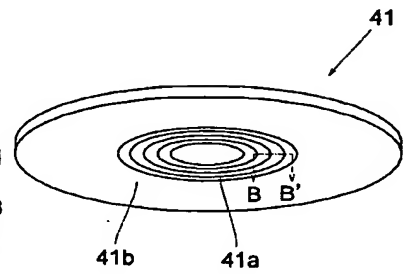
【図3】



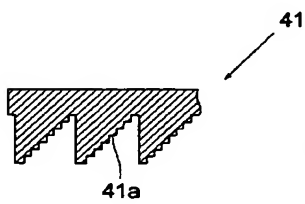
【図4】



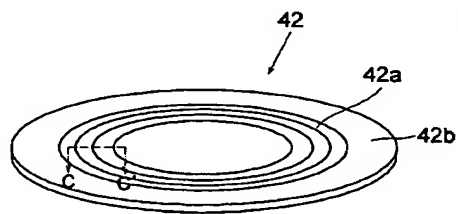
【図5】



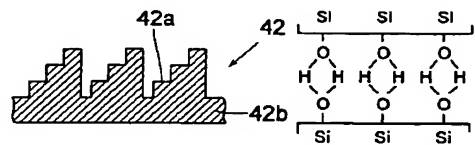
【図6】



【図7】

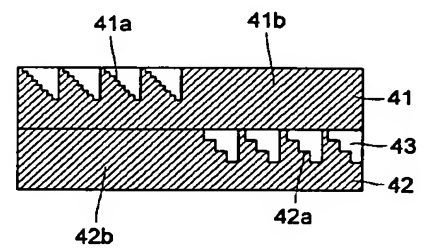


【図8】

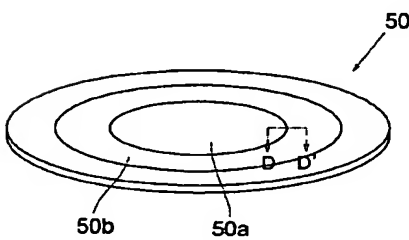


【図27】

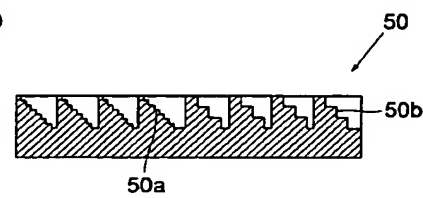
【図12】



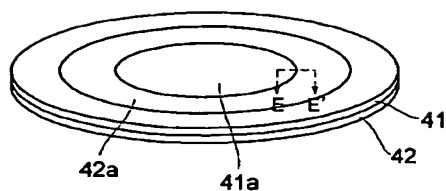
【図9】



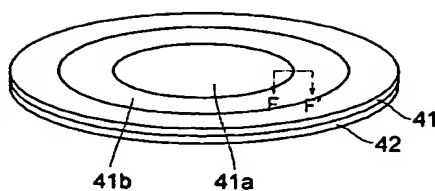
【図10】



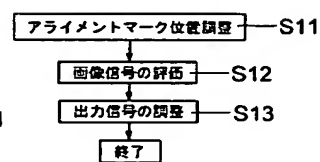
【図11】



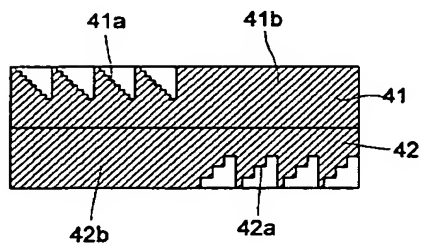
【図13】



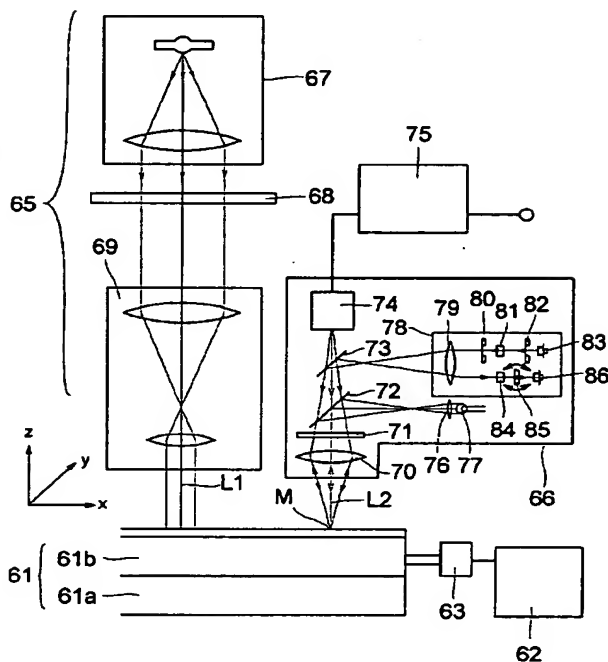
【図23】



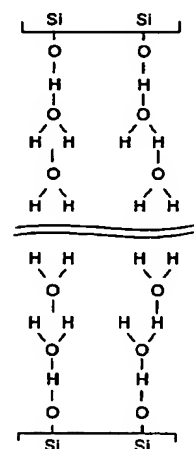
【図14】



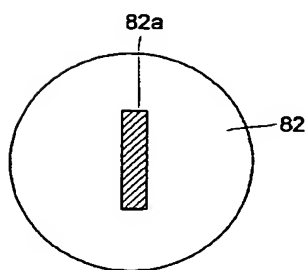
【図15】



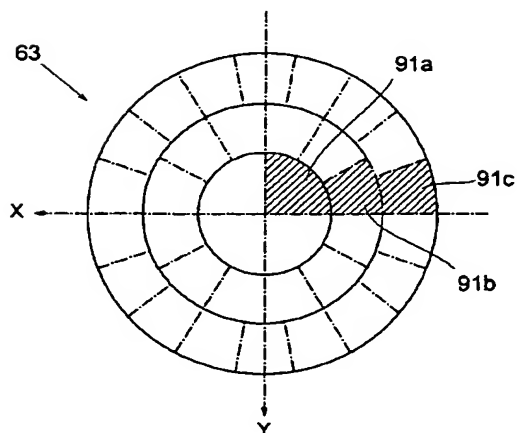
【図28】



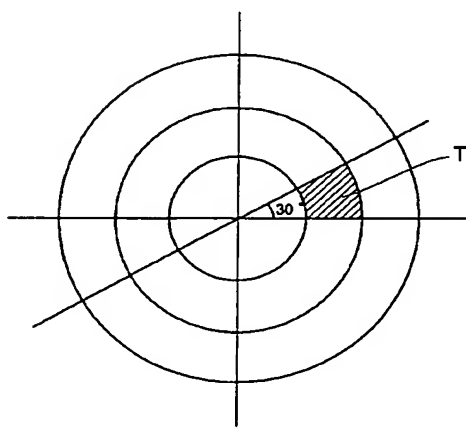
【図16】



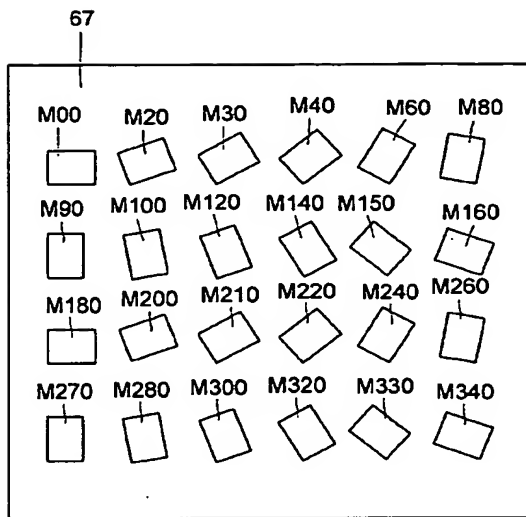
【図17】



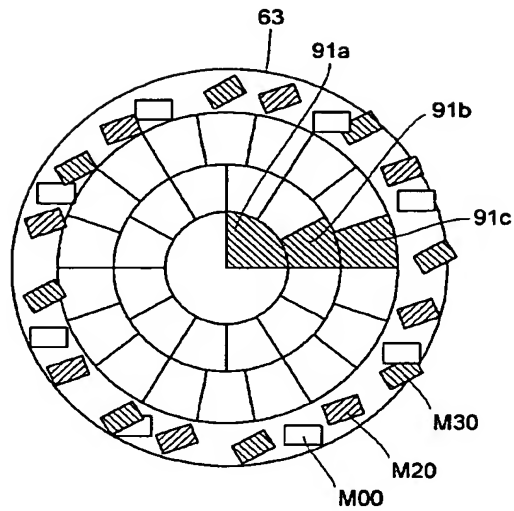
【図22】



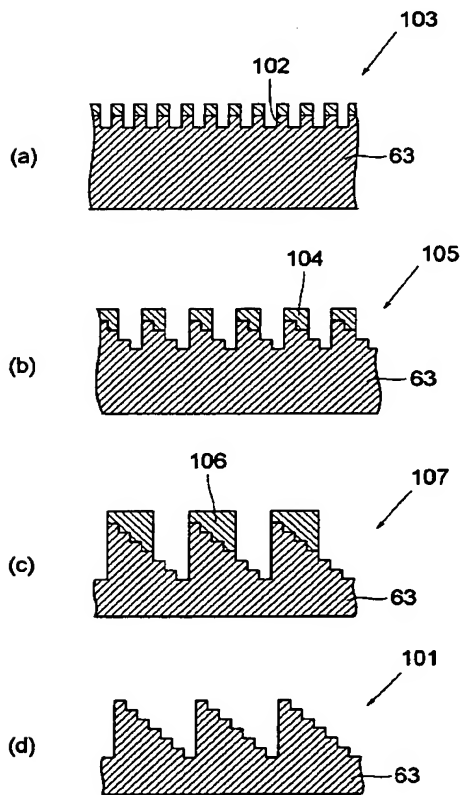
【図18】



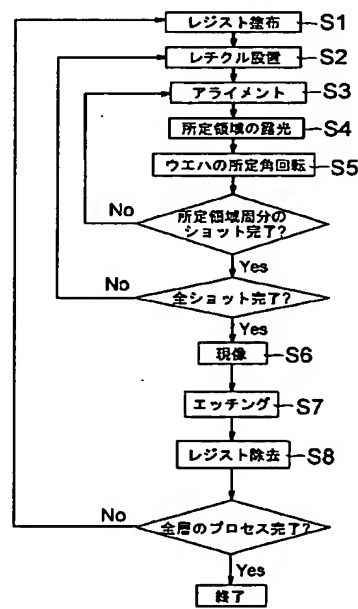
【図19】



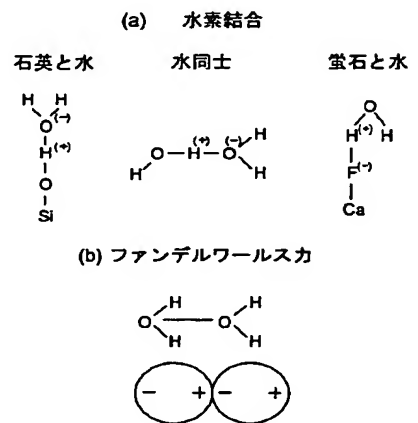
【図20】



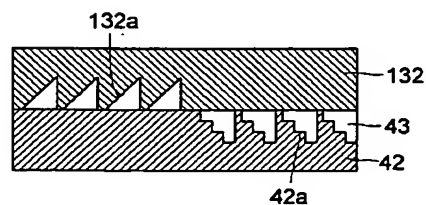
【図21】



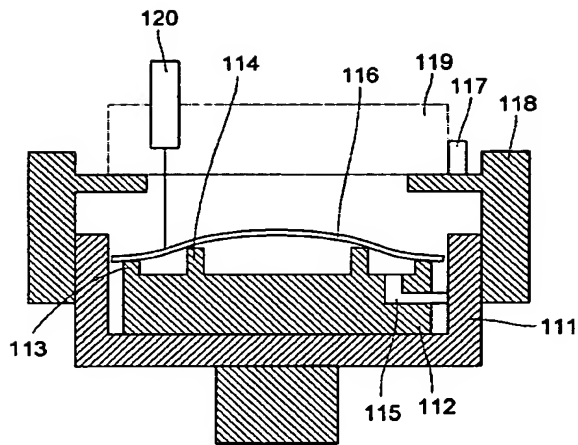
【図25】



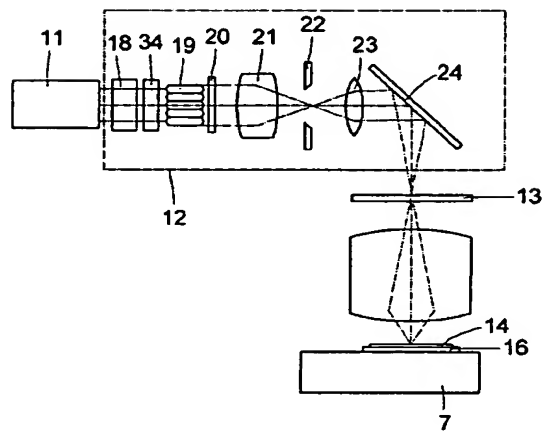
【図31】



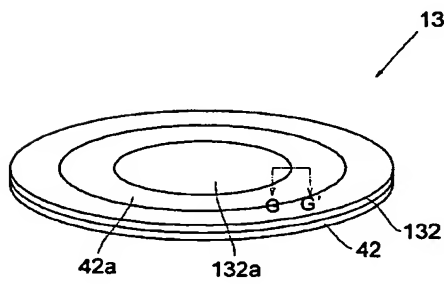
【図24】



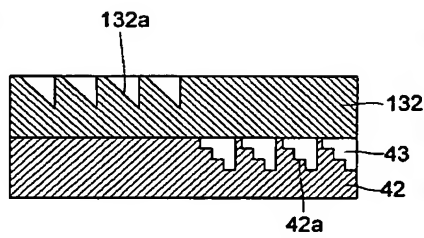
【図29】



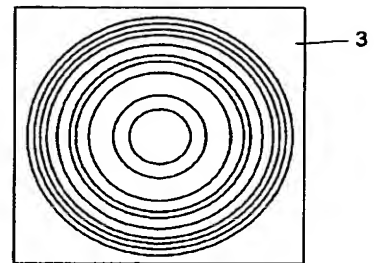
【図30】



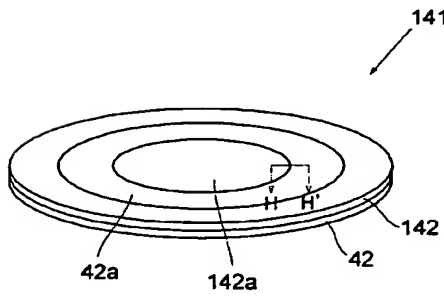
【図32】



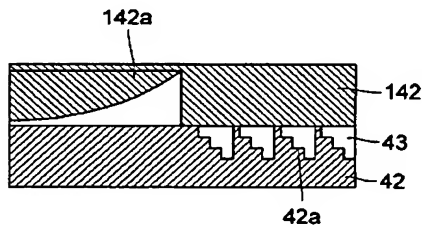
【図47】



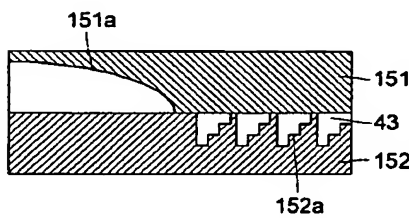
【図33】



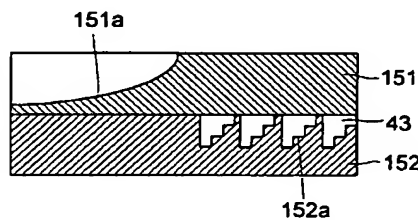
【図34】



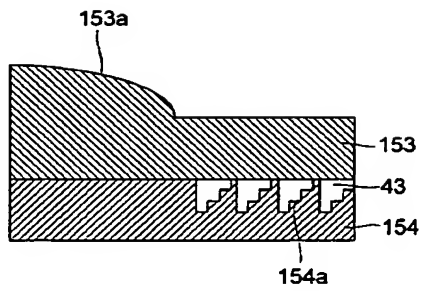
【図35】



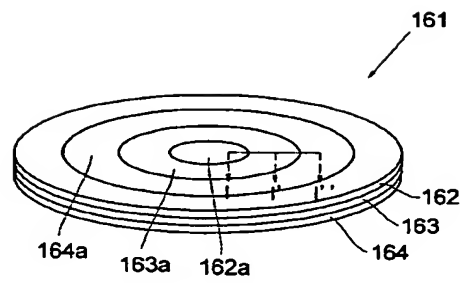
【図36】



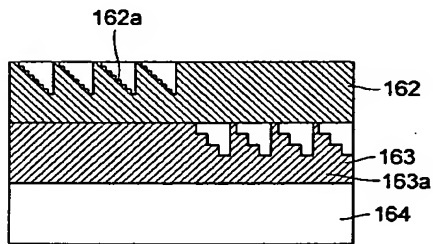
【図37】



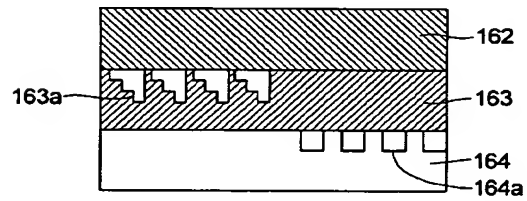
【図38】



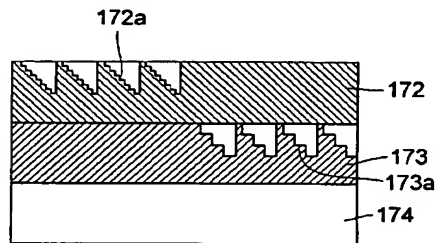
【図39】



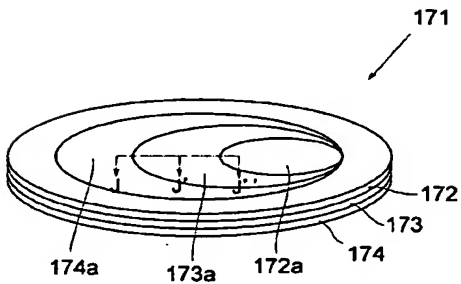
【図40】



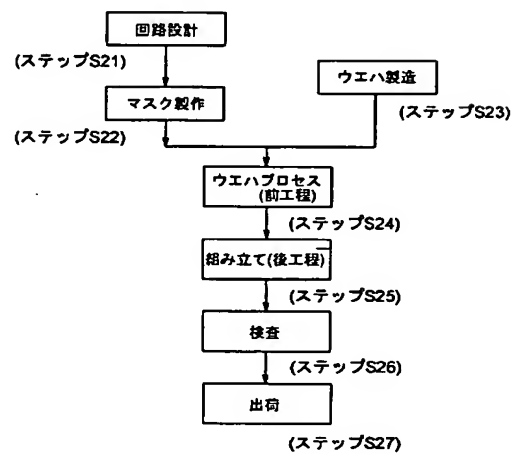
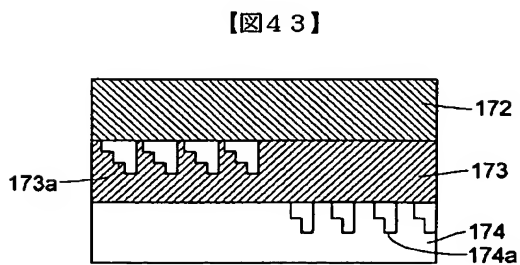
【図42】



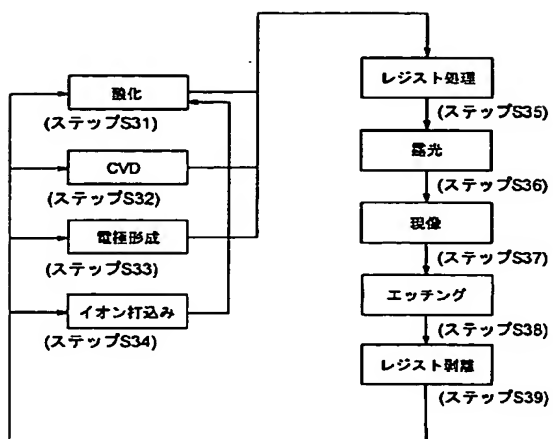
【図41】



【図44】



【図45】



【図46】

